

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-224866

(43)Date of publication of application : 17.08.1999

(51)Int.Cl.

H01L 21/301

B23K 26/00

B23K 26/00

H01L 33/00

(21)Application number : 10-172163

(71)Applicant : NGK INSULATORS LTD

(22)Date of filing : 04.06.1998

(72)Inventor : KATO KENJI
KONDO YOSHIMASA
YOSHINO TAKASHI

(30)Priority

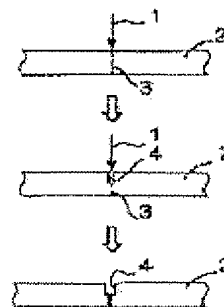
Priority number : 09332807 Priority date : 03.12.1997 Priority country : JP

(54) LASER DIVIDING AND CUTTING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a laser dividing and cutting method, capable of using an obtained division surface as the function surface of an element or a device as it is by efficiently and highly accurately dividing and cutting a single-crystal sapphire substrate.

SOLUTION: A single-crystal sapphire substrate 2 for which a planar surface is an R surface or a (c) surface and an (a) surface is provided on a side face is irradiated with a CO₂ laser 1, and the single-crystal sapphire substrate 2 is divided and cut. After the single-crystal sapphire substrate 2 has been divided and cut by scanning the CO₂ laser 1 on the R surface or the (c) surface in a direction vertical to the (a) surface, the divided and cut single-crystal sapphire substrate 2 is further divided and cut, by scanning the CO₂ laser on the R surface or the (c) surface in a direction parallel to the (a) surface.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-224866

(43)公開日 平成11年(1999) 8月17日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 1 L 21/301

H 0 1 L 21/78

B

B 2 3 K 26/00

B 2 3 K 26/00

N

3 2 0

3 2 0 E

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

C

審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平10-172163

(22)出願日 平成10年(1998) 6月4日

(31)優先権主張番号 特願平9-332807

(32)優先日 平9(1997)12月3日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000004064

日本碍子株式会社

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号

(72)発明者 加藤 賢治

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日

本碍子株式会社内

(72)発明者 近藤 好正

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日

本碍子株式会社内

(72)発明者 吉野 隆史

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日

本碍子株式会社内

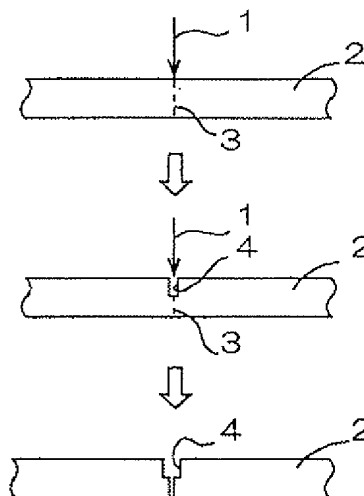
(74)代理人 弁理士 渡邊 一平

(54)【発明の名称】 レーザ切断方法

(57)【要約】

【課題】 単結晶サファイア基板の効率的かつ高精度の切断を行うことで、得られた切断面をそのまま素子あるいはデバイスの機能面として使用することを可能ならしめる、生産性に優れたレーザ切断方法を提供する。

【解決手段】 平板面がR面もしくはc面であり、側面にa面を有する単結晶サファイア基板2にCO₂レーザ1を照射して単結晶サファイア基板2を切断する方法である。CO₂レーザ1をR面もしくはc面上において、a面に垂直な方向へ走査することにより単結晶サファイア基板2を切断した後、CO₂レーザをR面もしくはc面上において、a面に平行な方向へ走査することにより切断された単結晶サファイア基板2をさらに切断する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 平板面が R 面もしくは c 面であり、側面に a 面を有する単結晶サファイア基板に CO₂ レーザを照射して当該単結晶サファイア基板を切断する方法であって、
当該 CO₂ レーザを当該 R 面もしくは c 面上において、当該 a 面に垂直な方向へ走査することにより当該単結晶サファイア基板を切断した後、
当該 CO₂ レーザを当該 R 面もしくは c 面上において、当該 a 面に平行な方向へ走査することにより切断された当該単結晶サファイア基板をさらに切断することを特徴とするレーザ切断方法。

【請求項 2】 当該単結晶サファイア基板の平板面上に機能膜が形成されていることを特徴とする請求項 1 記載のレーザ切断方法。

【請求項 3】 当該機能膜が形成された当該単結晶サファイア基板が、SAW フィルタもしくは青色 LED もしくは青色 LD として用いられるものであること特徴とする請求項 2 記載のレーザ切断方法。

【請求項 4】 当該 CO₂ レーザの加工周波数を 500 Hz 以上、パルス幅を 300 μsec 以下、投入エネルギーを 0.05~0.4 J の範囲内とすることを特徴とする請求項 1~3 のいずれか一項に記載のレーザ切断方法。

【請求項 5】 当該単結晶サファイア基板の厚さが 0.3 mm~0.5 mm の範囲内であることを特徴とする請求項 1~4 のいずれか一項に記載のレーザ切断方法。

【請求項 6】 当該 CO₂ レーザの照射によって当該単結晶サファイア基板に生ずる溝の深さが、当該単結晶サファイア基板の基板厚みの 10% 以上であることを特徴とする請求項 1~5 のいずれか一項に記載のレーザ切断方法。

【請求項 7】 当該溝の深さが、当該単結晶サファイア基板の基板厚みの 20% 以上 50% 以下であることを特徴とする請求項 6 記載のレーザ切断方法。

【請求項 8】 当該 CO₂ レーザの照射によって当該単結晶サファイア基板に生ずる切断面の亀裂真直度が ±10 μm の範囲内にあることを特徴とする請求項 1~7 のいずれか一項に記載のレーザ切断方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、単結晶サファイア基板のレーザ切断方法に係り、更に詳しくは、機能膜を表面に形成した単結晶サファイア基板の効率的かつ高精度の切断を行うことで、得られた切断面をそのまま素子あるいはデバイスの機能面として使用することを可能ならしめる、生産性に優れたレーザ切断方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 SAW フィルタ（表面弾性波フィルタ）や LED（発光ダイオード）、LD（半導体レー

ザ）は、CVD 法や PVD 法といった各種の薄膜成形成技術を用いて、無機単結晶基板上に種々の機能膜や電極を形成した後、基板を切断してチップ化することで作製されている。

【0003】 近年、窒化ガリウム（GaN）を用いて青色 LED の高輝度化が図られたことをきっかけに、青色 LD の室温発振に大きな関心が集まっている。この青色 LD では、レーザ発振のためにチップ内に光共振器構造を必要とし、通常、結晶の劈開面を利用してこの光共振器とする手段が採られる。すなわち、GaN 系青色 LD の製造方法は、単結晶サファイア基板上にバッファ層と呼ばれる中間層を介して、GaN を成膜し、電極のパターニング等を行って多層成膜を行った後、チップ化するという工程で行われ、光共振器は最後のチップ化工程において形成される。

【0004】 ここで、チップ化の方法としては、青色 LED の製造に用いられている方法であるダイヤモンドスクライブ法を用いることができる。このダイヤモンドスクライブ法は、ダイヤモンドポイントにより基板表裏面に溝入れ加工を行い、その後にプレーキング用の刃を溝の一面に当接させた状態で刃に基板方向の力を加えて切断する方法である。

【0005】 また、ダイヤモンドスクライブ法に代えて、レーザスクライブ、ダイシング、といった方法を用いることもできる。レーザスクライブは、溝入れ加工を、例えば YAG レーザの第 4 次高調波を基板に照射して行い、その他はダイヤモンドスクライブと同様に行うものである。これらに対して、ダイシングは、ダイヤモンドホイールを用いた切削により基板の切断を行うものである。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、単結晶サファイア基板は硬度が高いこと、結晶面によっては弱い劈開性があるものの完全な劈開面がないことから、上記ダイヤモンドスクライブによる切断方法にあっては、ダイヤモンドポイントの摩耗が速く、良好な切断面を得ることが困難であり、さらに、生産歩留が悪いという問題がある。ダイシングにおいては、加工速度（切断速度）を速くした場合には、砥石の摩耗が早く、切断面にチッピングが発生する問題があり、一方、加工速度を遅くしても砥石の摩耗が極端に低減されるわけではなく、しかも生産性は低下するといった問題がある。

【0007】 これに対し、レーザスクライブによる切断方法は、ダイヤモンドスクライブと同様に、プレーキングによる溝と溝との間の切断が必要であるため、溝入れ加工工程の他にさらにプレーキングのための後工程が必要となり、加工効率が必ずしも良いものではない。また、基板の表裏に形成する溝の位置ずれによる切断面の形状不良が発生する問題もある。

【0008】 このような従来技術に対し、レーザを基

板に照射して蓄熱させ、その熱による熱応力により割断させる方法が考えられるが、この方法では、割断面においては良好な加工面が得られるが、表裏面にクラックやチッピング等の欠陥が発生して加工精度が悪くなるという問題があった。

【0009】

【課題を解決するための手段】 本発明は上述した従来技術の問題点を鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、単結晶サファイア基板、特に機能膜を表面に形成した単結晶サファイア基板の割断に適したレーザ割断方法を提供し、これにより、素子の品質および生産性の向上を図ることにある。

【0010】 すなわち、本発明によれば、平板面がR面もしくはc面であり、側面にa面を有する単結晶サファイア基板にCO₂レーザを照射して当該単結晶サファイア基板を割断する方法であって、当該CO₂レーザを当該R面もしくはc面上において、当該a面に垂直な方向へ走査することにより当該単結晶サファイア基板を割断した後、当該CO₂レーザを当該R面もしくはc面上において、当該a面に平行な方向へ走査することにより割断された当該単結晶サファイア基板をさらに割断することを特徴とするレーザ割断方法、が提供される。

【0011】 本発明のレーザ割断方法は、特に、機能膜が平板面上に形成された単結晶サファイア基板の割断に好適に用いることができ、また、このような機能膜が形成された単結晶サファイア基板が、割断後にSAWフィルタもしくは青色LEDもしくは青色LDとして用いられるものである場合に有用である。使用するCO₂レーザとしては、加工周波数を500Hz以上、パルス幅を300μsec以下、投入エネルギーを0.05~0.4Jの範囲内の短パルスCO₂レーザを用いることが好ましい。なお、単結晶サファイア基板の厚さは一般的な0.3mm~0.5mmの範囲内のものが好適に用いられるが、厚さ1mm程度以上のものでも、割断することは可能である。

【0012】 また、上述した本発明のレーザ割断方法によれば、CO₂レーザの照射によって単結晶サファイア基板に生ずる溝の深さは、単結晶サファイア基板の基板厚みの10%以上であれば割断が可能であるが、この溝の深さは基板厚みの20%以上50%以下の範囲の場合に、より良好な割断面が得られるために好ましく、得られた単結晶サファイア基板に生じた割断面の亀裂真直度は±10μmの範囲内に納められる。

【0013】

【発明の実施の形態】 本発明においては、平板面がR面であり、側面にa面を有する単結晶サファイア基板（以下、「R面基板」という。）もしくは平板面がc面であり、側面にa面を有する単結晶サファイア基板（以下、「c面基板」という。）が好適に用いられ、このR面基板もしくはc面基板表面にCO₂レーザを照射

してR面基板もしくはc面基板を割断する。ここで、結晶化学的に、R面は三方晶系におけるミラー指数(1 -1 0 2)で表される面であり、c面は(0 0 0 1)面、a面は(1 1 -2 0)面を指す。

【0014】 このようなR面はSAWフィルタ用のAlN膜等の形成に適した面であり、一方、c面は青色LED用のGaN膜の形成に適した面である。本発明においてはCO₂レーザが好適に用いられるが、割断する基板の使用するレーザの波長における吸光係数が大きい、すなわち、レーザ光が基板に吸収されやすいという条件を満足するならば、他の種類のレーザ光、たとえば、YAGレーザの第4次高調波等を用いることもできる。

【0015】 上述の通り、本発明のレーザ割断方法においては、R面基板もしくはc面基板が用いられるが、いずれの基板を用いた場合であっても、基本的な割断性能や得られた割断面の性状に大きな差はない。そこで、以下において、R面基板を例として本発明を説明することとする。

【0016】 本発明におけるレーザ割断のメカニズムは、図1に示す通りである。すなわち、まず、レーザ光1をR面基板2上の割断面3の位置において、紙面に垂直な方向に一定の速度で走査して照射すると、R面基板2の割断面3の位置において、R面基板2の成分の加熱・昇華により、紙面に垂直な方向に延在する溝4が形成され、同時に、溝4の底部がレーザ光1の照射により加熱され、溝4の底部に蓄熱される。この蓄熱された熱により、溝4の底部とR面基板2の割断面3におけるレーザ光1の照射側の反対側面との間に熱勾配が発生し、この熱勾配に起因する熱応力によって、R面基板2の連続している割断面3の部分が割断されるものである。

【0017】 このような割断メカニズムを用い、本発明においては、CO₂レーザをR面上において、a面に垂直な方向へ走査することによりR面基板を割断した後、CO₂レーザをR面上において、a面に平行な方向へ走査することにより、先に割断されたR面基板をさらに割断する。こうして、R面基板から、良好な形状精度を有するチップ、素子等を得ることができる。

【0018】 ここで、図2(a)に、a面に平行な方向にCO₂レーザを走査することにより得られるR面基板の割断面（以下、「a平行割断面」という。）の組織を示す写真を、図2(b)にa面に垂直な方向にCO₂レーザを走査することにより得られるR面基板の割断面（以下、「a垂直割断面」という。）の組織を示す写真をそれぞれ示す。明らかに、a平行割断面において、平滑な割断面が得られており、a垂直割断面においては、レーザ光の走査方向に縞状の凹凸が生じていることがわかる。

【0019】 また、図3はR面基板におけるレーザ照射面の対面から見た割断面の切り口の組織を示す写真であり、図3(a)はa平行割断面の亀裂組織を示し、図

3 (b) は a 垂直断面の亀裂組織を示している。a 平行断面、a 垂直断面のいずれの場合においても、レーザ走査方向の最後部において、レーザ走査方向軸からずれた波状亀裂が生じていることがわかる。しかし、a 平行断面においては、a 垂直断面よりもこの波状亀裂の進展幅が狭く、レーザ走査最後部以外の部分での断面の直進性が良好である。一方、a 垂直断面では、レーザ走査最後部での波状亀裂の進展幅は広いものの、その他の部分での断面の直進性には問題がない。

【0020】 したがって、R 面基板から本発明のレーザ切断方法によって、角状チップを得る場合には、まず、最初に a 垂直断面を形成し、この場合の直進性が良好な部分において、a 平行断面を形成すると、得られる四角形状のチップにおいては、a 垂直断面を形成する場合のレーザ走査最後部における波状断面が発生し難く、形状精度の良好なチップが得られるとともに、生産性の向上が図られる。

【0021】 上述した断面を性状を考慮すると、本発明のレーザ切断方法は、機能膜が平板面上に形成された R 面基板の切断にも好適に用いることができる。つまり、一般に無機単結晶基板表面に形成される機能膜は、基板表面の結晶の原子配列の影響を受けるため、R 面基板上に形成された機能膜の断面は、R 面基板の断面と同等の組織を有することが期待される。そこで、実際に、R 面に A1N 膜を形成した R 面基板を切断して得られた断面の組織を示す写真を図 4 に示す。

【0022】 図 4 (a) に示されるように、a 平行断面における A1N 膜の断面は平滑であり、また、図 4 (b) に示されるように、a 垂直断面においても R 面基板自体の断面よりも凹凸の小さい断面が得られた。したがって、上記基板の加工精度と機能膜の断面組織とから、本発明によるレーザ切断方法を用いた場合には、レーザ切断のみによって所定の形状を有するチップ等を基板から取り出すことができるので、後加工により形状の調整を行うことが実質上、不要であり、しかも得られる機能膜の断面性状が良好であるので、ここでも研磨等による後加工を必要としない。

【0023】 したがって、たとえば、機能膜が形成された R 面基板から SAW フィルタ等を得る場合には、本発明のレーザ切断方法のみによって所定の加工精度を有するものが得られる利点があり、また、機能膜が形成された c 面基板が、切断後に青色 LED もしくは青色 LD として用いられるものである場合にも、断面をそのまま発光面あるいは光共振器とすることが可能となるため、本発明のレーザ切断方法は、歩留の向上および生産性の向上に著しく寄与する。

【0024】 このようなレーザ切断方法に用いられる CO₂ レーザとしては、加工周波数を 500 Hz 以上、パルス幅を 300 μsec 以下、投入エネルギーを 0.05 ~ 0.4 J の範囲内の短パルス CO₂ レーザを用いる

ことが好ましい。パルス幅を 300 μsec 以下とすることで、一度の照射により熱が拡散する領域を 100 μm 以下とし、広い領域での熱応力の発生を抑えることができ、例えば SAW フィルタに要求される ±0.1 mm といった加工精度にも十分に対応することができるようになる。一方、パルス幅がこの値よりも大きい場合には、端面のチッピングにより加工精度が低下する問題が生ずる。

【0025】 また、加工周波数を 500 Hz 以上、すなわちレーザパルスの照射間隔を 2 msec 以下とすると、その直前に照射されたレーザパルスの熱が十分に冷めきらないうちに、次のレーザパルスが照射されることとなり、これにより徐々に熱応力を大きくすることができると好ましい。

【0026】 このような短パルスレーザ光を用いた場合には、1 回の照射により加わるエネルギーが小さいために、1 回の照射では溝となる除去部及び蓄熱部はそれほど形成されないが、同じ部分に 2 回、3 回と続けて照射するにしたがって、溝が深くなるとともに蓄熱部の熱容量が大きくなり、数回照射したある状態で蓄熱部の熱に起因する熱応力が溝以外の基板の残っている部分を切断することができる。

【0027】 すなわち、切断すべき基板の深さは溝が深くなった分だけ少なく済むために、切断に必要なエネルギーすなわち熱応力に寄与するエネルギーの発生を最小限に止めることができ、結果的に R 面基板の断面と接する R 面基板の表裏の部分におけるチッピング等の欠陥を無くすることができるようになる。

【0028】 なお、上述した投入エネルギー等の条件を満足するパルスにあつては、そのスポット径を変化させることが可能である。図 5 は、スポット径が加工深さと投入エネルギーに与える影響を示した説明図であるが、投入エネルギーは同じ場合には、スポット径の小さい場合に、深い溝が形成されやすくなる。すなわち、エネルギーは溝の形成に多く利用されて、蓄熱に寄与するエネルギーはスポット径にほとんど依存していないと考えられる。その結果、スポット径が 100 μm と 200 μm のいずれの場合であっても、約 0.05 J 以上の投入エネルギーが必要であることがわかる。さらに、スポット径を変化させても、切断に必要な投入エネルギーは変わらないと考えられる。

【0029】 上述したエネルギー範囲にある短パルス CO₂ レーザを用いた場合に、良好な断面を得ることができる R 面基板の厚さは、0.3 mm ~ 0.5 mm の範囲内のものである。しかし、短パルス CO₂ レーザのエネルギーを増大させれば、厚さ 1 mm 程度以上のものでも、切断することは可能である。但し、短パルス CO₂ レーザのエネルギーを増大させた場合には、レーザ光の照射部分における R 面基板材料の昇華もまた激しくなることから、得られる断面の性状は、R 面基板厚さが 0.

3mm程度のものの場合よりも悪くなる傾向がある。

【0030】 さて、本発明のレーザ切断方法においては、短パルスCO₂レーザの照射によってR面基板に生ずべき溝の深さは、基板厚みの10%以上であることが好ましく、さらに溝の深さは基板厚みの20%以上50%以下の範囲内であることがより好ましい。レーザ光によって形成される溝の深さがこのような範囲よりも浅い場合は、亀裂の発生と進展に必要なエネルギーが蓄積され難いために切断を行うことが困難である。一方、溝の深さを深くすると、切断面において基板材料が昇華した面が広がるために、平滑性が損なわれ易くなる欠点がある。

【0031】 上述した条件に従って得られたR面基板の切断面における亀裂真直度は±10μmの範囲内に納めることができる。ここで、亀裂真直度とは、図6に示すように、溝の底部からR面基板の対面へ向かって延びる亀裂がレーザ光の走査中心軸からどの程度の距離範囲に納まっているかを示すもので、この距離範囲が狭いほど、亀裂が直線的に進展していることを示す。

【0032】 以上、本発明のレーザ切断方法について、R面基板を主な例として説明してきたが、c面基板についても同様であることはいうまでもなく、さらに、本発明が上記実施の形態に限定されるものでないことはいうまでもない。切断すべき基板としては、単結晶サファイア基板であれば、平板面がR面もしくはc面ではなく、他の結晶面を有するものであっても、レーザの走査方向による切断面の性状が異なるといった加工上の異方性を有する場合に、本発明のレーザ切断方法を利用することができることはいうまでもない。また、切断すべき基板が単結晶サファイア基板でなくとも、本発明のレーザの走査順序により切断に異方性を有する場合にも利用

することができる。

【0033】

【発明の効果】 上述の通り、本発明のレーザ切断方法によれば、単結晶サファイア基板を用いた種々のチップ、素子等の作製を、形状精度を良好に維持しつつ、かつ生産効率よく行うことが可能となるという優れた効果を奏する。また、本発明は、単結晶サファイア基板の表面に機能膜を形成した場合には、機能膜の切断面をそのまま利用することができるため、特に、青色LEDや青色LDの製造に有利である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明のレーザ切断メカニズムを示す説明図である。

【図2】 本発明の一実施形態によるサファイア基板の切断面の組織を示す写真であり、(a)はa平行切断面を示し、(b)はa垂直切断面を示す。

【図3】 本発明のレーザ切断方法の一実施形態によるサファイア基板の基板平面側から見た切断面の組織を示す写真であり、(a)はa平行切断面の亀裂組織を示し、(b)はa垂直切断面の亀裂組織を示す。

【図4】 AlN膜を形成したサファイア基板の切断面の組織を示す写真であり、(a)はa平行切断面を示し、(b)はa垂直切断面を示す。

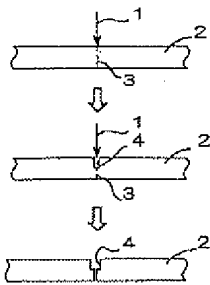
【図5】 本発明において、スポット径が加工深さと投入エネルギーに与える影響を示す説明図である。

【図6】 亀裂真直度の定義を示す説明図である。

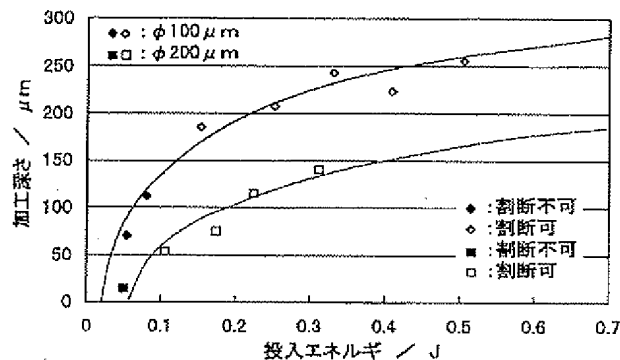
【符号の説明】

1…短パルスレーザ、2…R面単結晶サファイア基板(R面基板)、3…切断面、4…溝、5…レーザ走査中心線、6…基板、7…溝、8…亀裂、9…幅。

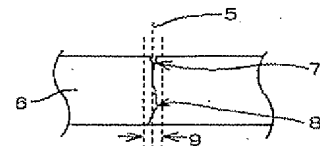
【図1】



【図5】

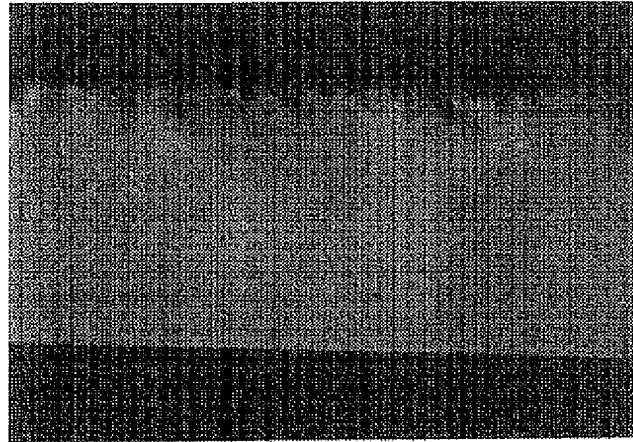


【図6】

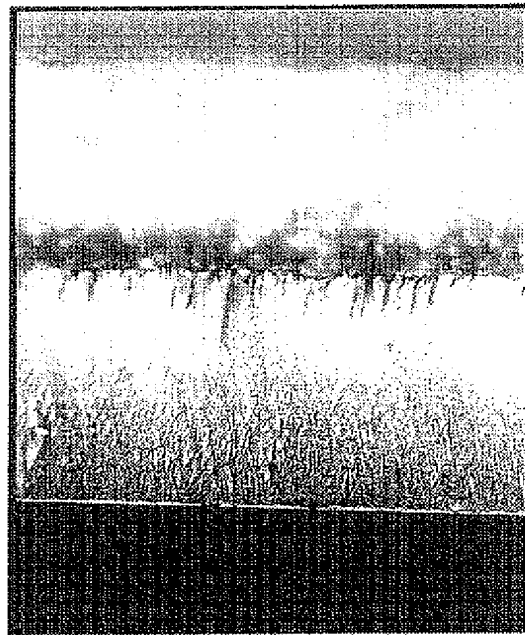


【図2】

図面代用写真(カラー)

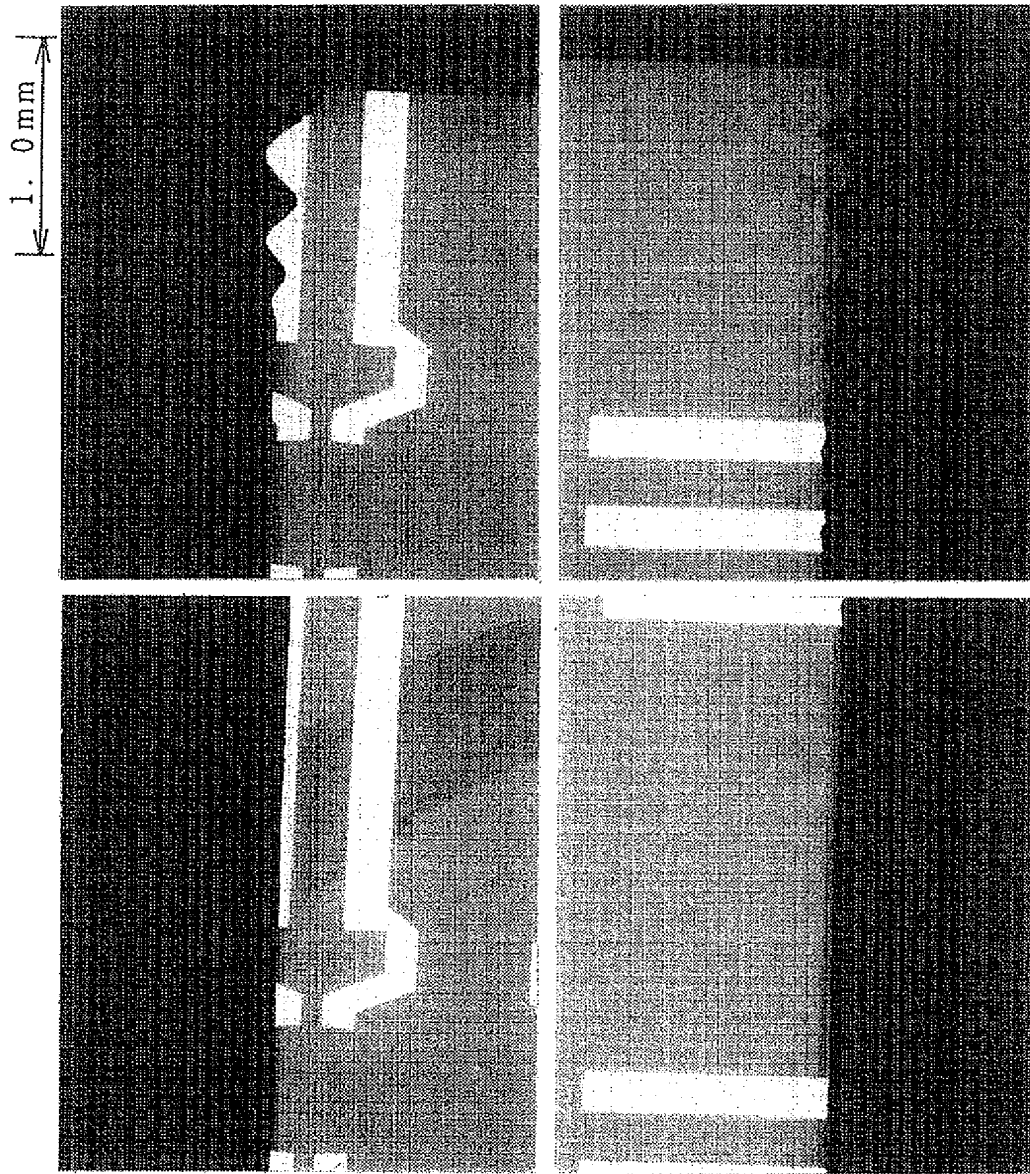


(a) a 平行割断面



(b) a 垂直割断面

【図 3】

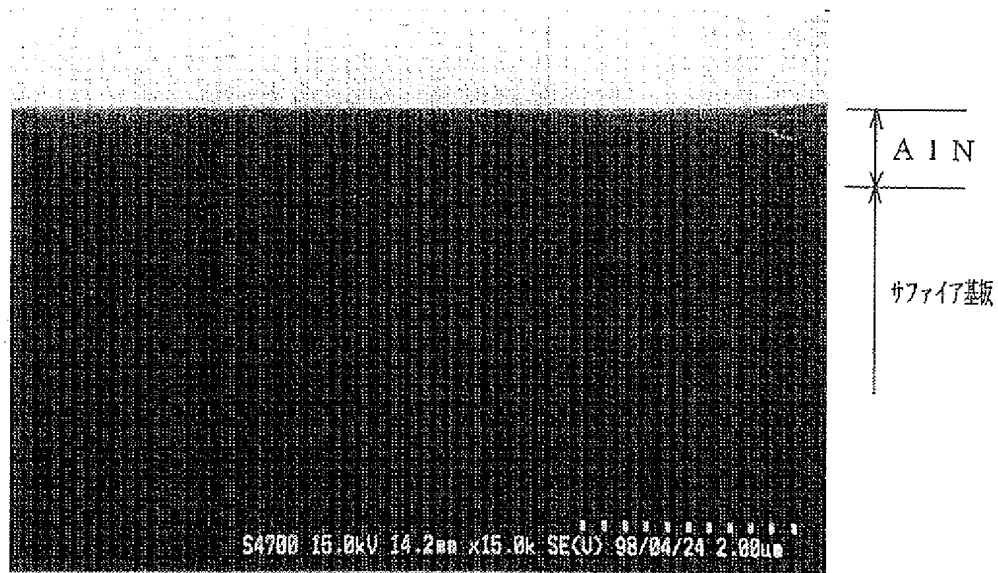


(a)
a 平行割断面の
亀裂組織

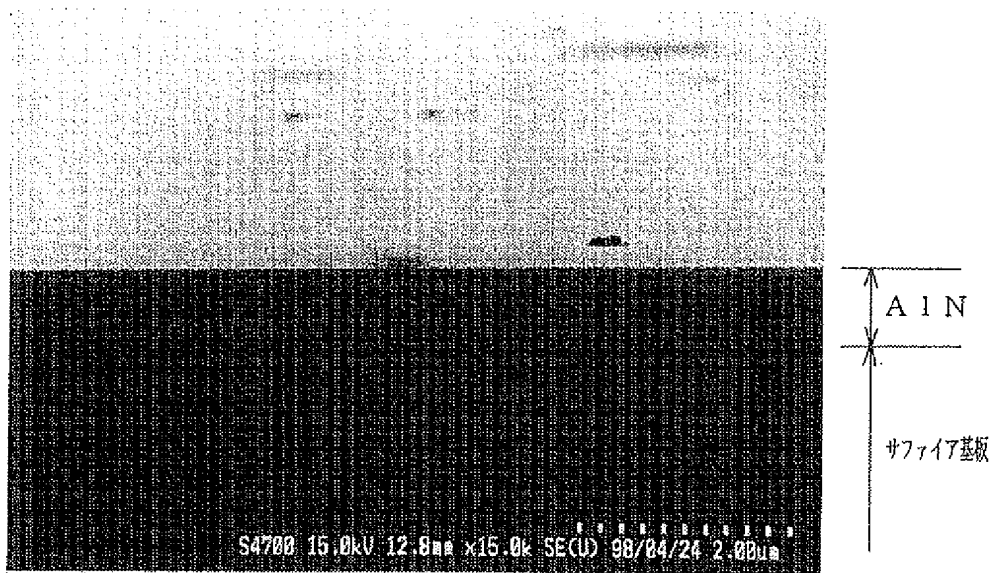
(b)
a 垂直割断面の
亀裂組織

図面代用写真(カラー)

【図 4】



(a) a 平行断面



(b) a 垂直断面

図面代用写真